BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

# dr. Blan

9

# televisie cursus

vormingscentrum voor radio en elektronica

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

# dr. Blan Televisie-cursus

## LES 9

## VERTIKALE- OF RASTER-AFBUIGING

UITGEVERIJ VAN TECHNISCHE BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN

**DE MUIDERKRING N.V. - BUSSUM - NEDERLAND**

TELEFOON 5600 (0 2959) — POSTGIRO 83214

# INHOUDSOPGAVE


Synchronisatiescheider .......... 3

Synchronisatie .......... 5

Eindtrap vertikale afbuiging .......... 7

Transformatorkoppeling .......... 9

Niet-lineair stroomverloop .......... 10

Afbuigoscillator .......... 12

Correctiemogelijkheden .......... 13

Schakeling uit de praktijk .......... 15

Diverse vervormingen .......... 18

Vragen bij de 9e les .......... 21



COPYRIGHT DE MUIDERKRING N.V. – BUSSUM – NEDERLAND

NADRUK, OOK GEDEELTELIJK, IS VERBODEN

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

## SYNCHRONISATIESCHEIDER

In de vorige les zagen we op welke manier we de synchronisatiesignalen voor de horizontale en de vertikale afbuiging konden scheiden van het beeldsignaal; in figuur 1

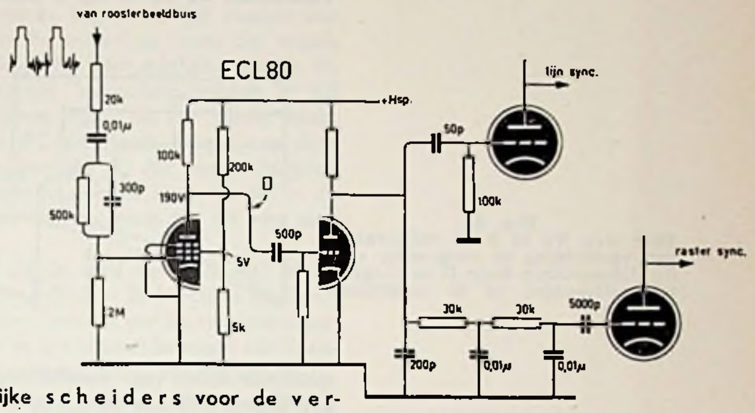



Fig. 1
De beide scheidingstrappen voor resp. lijn- en raster-impulsen zijn in feite parallel geschakeld. Boven zien we het differentiërend netwerk en beneden het integrerend netwerk, zie fig. 29 vorige les. De voorafgaande buis is een amplitudebegrenzer, waarin de stoorpieken op de syncpulsen worden afgesneden, terwijl de eerste buis er voor zorgt, dat van het complete videosignaal slechts de beide synchronisatiesignalen overblijven en de beeldinhoud verloren gaat.

zien we hoe de afzonderlijke s c h e i d e r s voor de v e r t i k a l e en h o r i z o n t a l e afbuiging eigenlijk parallel geschakeld zijn, en dat op de netwerken vóór de roosters van b e i d e buizen precies dezelfde synchronisatiesignalen terecht komen, n.l. de lijn-sync- en de raster-sync-pulsen.
Maar tenslotte zijn nu toch ook de synchronisatiesignalen van elkaar gescheiden en nu zullen we moeten nagaan op welke manier we met behulp van de synchronisatiesignalen kunnen maken, dat de lijn- en rasterafbuigingsgeneratoren in onze TV-ontvangers tegelijkertijd met de lijn- en rasterafbuigingen in de zender gaan werken.
We zullen beginnen met de generator voor de vertikale afbuiging en bezien hiervoor fig. 2, die ons uit de vorige les reeds bekend was.

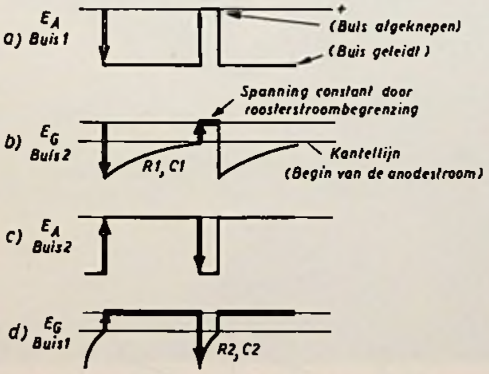



Fig. 2
Spanningsverloop, op rooster (EG) of anode (EA) van elk der buizen B1 en B2 van fig. 3.

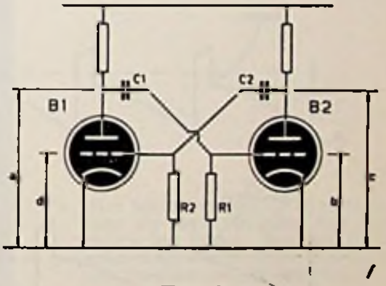



Fig. 3
Multivibratorschakeling
Het spanningverloop op het rooster; wanneer dit de z.g. kantellijn bereikt slaat de multivibrator om en wordt de heenslag afgebroken.

De kromme 2b geeft ons het spanningsverloop op het rooster van buis B2, de rechtse buis uit fig. 3. De bovenste lijn van deze figuur b is de nul-lijn; de daaronder getekende lijn is de z.g. kantellijn, dit wil zeggen, dat wanneer de spanning op het rooster de door deze lijn voorgestelde waarde bereikt, de

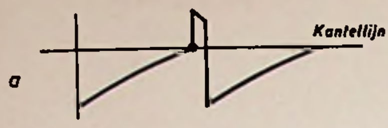



Fig. 4

anodestroom zal gaan lopen. We zien deze kromme nog eens afzonderlijk in fig. 4a.
Wanneer we nu het tijdsverloop van de heen-slag $t_1$ willen beïnvloeden, zouden we b.v. het R-C produkt van $R_1C_1$ kunnen veranderen. Meestal laten we de $C_1$ dan onveranderd en veranderen we $R_1$. In fig. 5 zien we bij a, b en c drie ver-

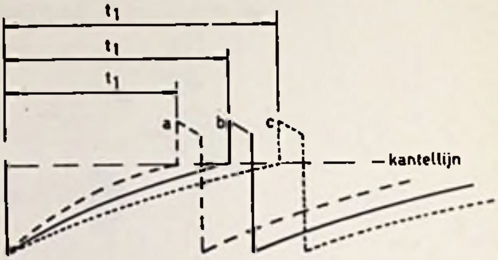
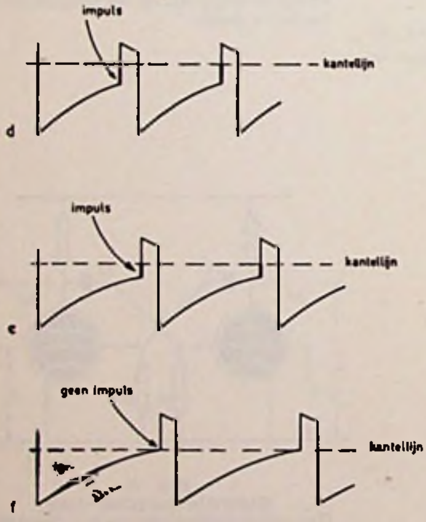



Fig. 5
Hier zien we in b de uitwerking van verkleining of vergroting van de tijdconstante door R te vergroten (streeplijn) of te verkleinen (stiplijn).

schillende tijden voor verschillende waarden van $R_1$.
Een andere methode bestaat in het veranderen van de roosterspanning van de oscillatorbuis(-zen); in dit geval liggen $R_1$ en $R_2$ natuurlijk niet aan aarde maar aan een instelbare gelijkspanningsbron.
In figuur 6 a, b en c zien we, dat hiermede als het ware de kantellijn „omhoog" of omlaag gebracht kan worden en dat we op die manier de tijdsduur van $t_1$ in de hand hebben. Drie verschillende instellingen zien we in a, b en c.



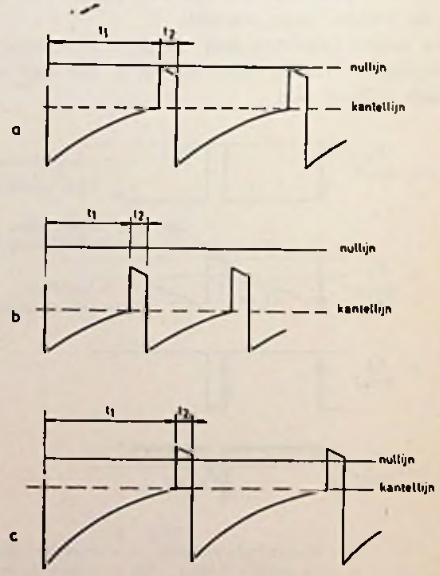




Fig. 6 a, b, c
Spanningsverloop EG op het rooster van buis B2.
a. Normaal verloop van de zaagtand; t1 is de héénslag; t2 is de terugslag.
b. Door de roosterspanning te verhogen komt de z.g. kantellijn hoger te liggen en duurt de heenslag t1 langer.
c. Door de roosterspanning te verhogen duurt de heenslag korter.

$t_1$ = heenslag
$t_2$ = terugslag.

Fig. 6 d, e, f
Met een impuls op het rooster van één der buizen kan de heenslag van de zaagtand beëindigd worden. Ook hier zien we dan 3 mogelijkheden onder elkaar getekend; de tijd t1 is in de drie gevallen verschillend (d, e, f).

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

## SYNCHRONISATIE

Hoewel we hiermede de duur van de zaagtandverschijnselen met de hierboven aangegeven methoden in de hand hebben, wordt hieronder toch nog niet het synchroniseren verstaan. Dit is echter wel het geval met de methode van fig. 6. waarbij een van buiten komende impuls op het rooster van buis 2 een einde maakt aan de ontlading; komt die impuls vroeg dan zien we fig. 5d; komt hij later dan zien we fig. 6f, terwijl de zaagtand zijn normale levensduur behaalt in het geval, dat er in het geheel geen impuls op het rooster komt. Dit betekent echter, dat de RC-tijd steeds langer van duur moet zijn dan de te verwachten tijd t2. Als impuls fungeert voor de rasters het geïntegreerde signaal, zoals we dat in de vorige les leerden kennen en dat we nu in fig. 10 nog eens zien.

Het hier beschrevene geldt uit de aard der zaak niet alleen voor de multivibrator maar ook voor b.v. de blocking oscillator. In ieder geval hebben we gezien, hoe we met de synchronisatie-impuls de zaagtand oscillator er toe kunnen brengen zijn héénslag af te breken overeenkomstig het bevel van de zender.

Wat er nu gebeurt wanneer om de een of andere reden de synchronisatie wegvalt zien we in fig. 7a, waar het beeld òf

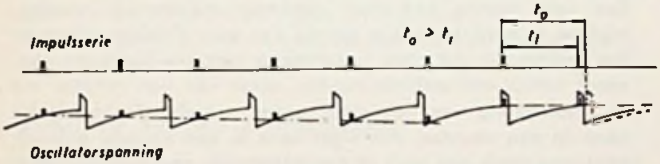



Fig. 7a
Synchronisatie.
a. Synchronisatie m.b.v. impulsen.

Fig. 7b
b. Het beeld beweegt op en neer zolang de beeldoscillator nog niet synchroon loopt. Een beeldverschuiving per seconde betekent een frequentieafwijking van 2 %.

naar boven, òf naar beneden aan de wandel is. Het verlopen van één beeld per seconde wijst op een frequentieverschil van 2 % tussen de tijdsduur van één raster zoals die door de zender gegeven is (t 1) en de rasterduur van onze generator (t 0).

Dat de methode, genoemd in 6 a, b, c nooit toegepast wordt, vindt zijn oorzaak in de onstabiliteit van onze netspanning: een kleine netspanningsvariatie zou onze hele synchronisatie in de war sturen; methode 5 wordt toegepast als vóór-instelling.

Toch wordt ook methode 5d nog bedreigd door verschillende verschijnselen. De voornaamste daarvan is storing door ontstekingsvonken van benzinemotoren in auto's en motorrijwielen; helaas veroorzaakt deze storing een oplading van het integrerend filter en dus een impuls, die veel op de „echte" lijkt. Komt hij echter vroeg, dus b.v. midden in de rastertijd, dan kan hij geen invloed op t2 uitoefenen; komt hij tegen het eind van de rastertijd, ja dan is het resultaat een vroegtijdige beëindiging van het raster.
In de figuur 8 zien we niet alleen de gewenste rasterimpulsen, maar tevens een aantal willekeurige andere impulsen van verschillende tijdsduur en amplitude, die dus het integrerend filter aangesproken hebben; zij hebben echter géén invloed wanneer ze meer dan de tijdsafstand S vóór de echte impuls komen.
Duren echter de storingen langer en treden ze in groepjes op, dan kunnen ze onze rastersynchronisatie volledig in de war sturen (fig. 9), maar het is slechts de laatste groep, die voor het verstoren aansprakelijk is, want slechts deze valt binnen tijdsduur S vóór de echte rasterimpuls.
De invloed van ruis op de rastersynchronisatie is gering, omdat ook deze geïntegreerd wordt; in fig. 10 zien we het ongevaarlijke resultaat.
Een nare storing kan door net-brom veroorzaakt worden; meestal is deze brom het gevolg van een afvlakkingsfout en het resultaat is, dat onze rasterimpuls niet zijn loopbaan aanvangt vanuit een stabiele nul-lijn, maar van een nul-lijn, die de afspiegeling van een sinus vormt, waarbij de impuls nu eens op een sinustop, dan weer eens in een sinusdal belandt, ongeveer zoals een kurk in het water zich gedraagt, wanneer we daarin een steen gooien. Het resultaat kan dan zijn, dat de impuls niet doorkomt en de synchronisatie verloren gaat (fig. 11).
Nu zal men wel de vraag willen stellen: maar hoe lang duurt het gevaarlijke tijdsgebied S nu. Wel, meestal drukken we die tijd S, het synchroniseerbereik, d.i. de tijd waarin de zaagtandgenerator vatbaar is voor synchronisatie, uit in procenten van de gehele tijdsduur van één raster, t.
Om nu de mogelijkheid van storing te verkleinen zal men die tijd S zo klein mogelijk maken, b.v. 3 % van T. De benodigde impuls zal dan, zoals in fig. 12 te zien is, maar betrekkelijk klein behoeven te zijn.
Heeft men het synchroniseerbereik vergroot tot b.v. 50 % van t, dan is de kans, dat een vreemde impus binnen S valt heel groot, maar daar tegenover staat, dat die stoorimpuls een grote amplitude moet hebben om de kantellijn te bereiken. De vraag is nu, waarom men dit bereik zo groot zou maken,

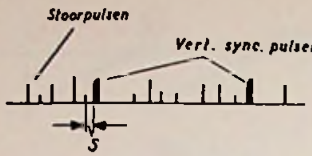



Fig. 8
De dunne streepjes stellen stoorpulsen van verschillende amplituden voor; de dikke zwarte pulsen zijn de vert. syncpulsen, die we hier „gecomprimeerde vorm" zien; uitgerekt zagen we ze in fig. 10.

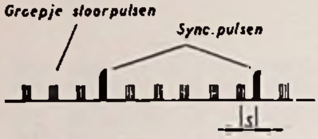



Fig. 9
De groepjes dunne lijntjes zijn gegroepeerde stoorpulsen.

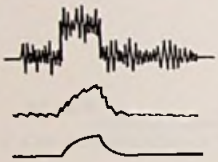


Fig. 10
Door de integratie gaan de ruisstoringen gelukkig verloren. (Bij de differentiëring is dat helaas niet het geval).

Fig. 11
Als een dobber op de golven daalt en rijst de vert. syncpuls wanneer de afvlakking onvoldoende is, waardoor de synchronisatie uitvalt.

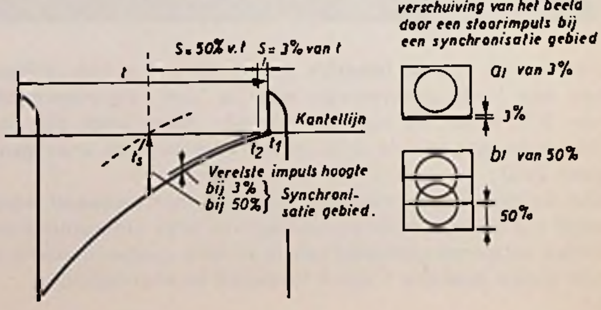



Fig. 12
Slechts impulsen die boven de kantellijn uitsteken hebben invloed op de „synchronisatie". Indien het „synchronisatie-gebied" 50 % bedraagt moet de stoor-impuls groot zijn, wil hij synchronisatie veroorzaken (zie het linker pijltje).
t is de maximale tijdsduur van een rasterperiode; t1 is het punt waarbij de oscillator uit zich zelf omkantelt, wanneer er geen syncpuls binnenkomt.
De ruimte tussen t1 en t2 vormt een synchronisatiegebied van 3 % van t; t1—t3 vormt een synchronisatiegebied van 50 %. Inplaats van synchronisatiegebied spreken we wel van „vanggebied".

maar wanneer we denken aan de TV-ontvangers, die voor 4 normen omschakelbaar moeten zijn, dan is dit grote „vangbereik" wel verklaarbaar. Overigens zien we in fig. 12 ook nog hoe bij een synchroniseerbereik van 50 % het beeld sprongen van de halve beeldhoogte kan maken.
Het hier gegeven betoog slaat in de eerste plaats op blockingoscillators, maar geldt ònverminderd voor alle multivibratorschakelingen. Het nare hierbij is overigens, dat hier elk der beide buizen aanleiding kan geven tot vroegtijdige rasterwisselingen, zodat we het bereik S beslist enkele malen groter dan 3 % moeten maken (zie fig. 13).
Tot zover de synchronisatie van de vertikale rasteroscillator.
De horizontale of lijnoscillator is in principe op precies dezelfde wijze uitgevoerd als de hierboven beschreven rasteroscillator; meestal geeft men de voorkeur aan blocking oscillatoren, maar multivibrators komen ook vaak voor. Ook de synchronisatie kan principieel op dezelfde wijze tot stand komen als hiervoor werd beschreven, maar de kans op verstoring van de synchronisatie is bij de syncpulsen voor de horizontale afbuiging helaas veel groter dan bij de rasterafbuiging, voornamelijk omdat de syncpuls hier veel korter van duur is, waardoor reeds een betrekkelijk geringe hoeveelheid ruis de blokvorm onherkenbaar kan verminken, zodat er geen sprake meer is van goede synchronisatie.
Bij de volgende les, die aan de horizontale afbuiging gewijd is, gaan we hierop verder in.

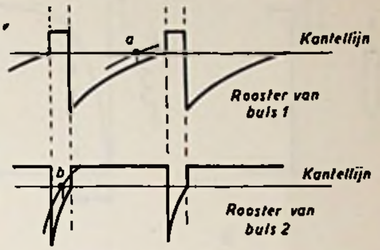


Fig. 13
Stoorgevoeligheid van de multivibrator

## EINDTRAP VERTIKALE AFBUIGING

We zullen nu even afstappen van de voor-trappen om de eindtrap van de vertikale afbuiging eens van nabij te gaan bezien.
In zijn eenvoudigste vorm zou die er uit kunnen zien als in fig. 14. We zien daar de beide, in serie geschakelde afbuigspoelen opgenomen in het anodecircuit van de buis, die een normale eind-pentode kan zijn. Door een zaagtandvormige spanning op het rooster los te laten kunnen we een stroom van gelijksoortige vorm door die spoelen verwachten, evenals dit bij elke fatsoenlijke laagfrequentversterkerbuis het geval moet zijn. Zoals we weten is de vertikale afbuigfrequentie 50 Hz (ook al passen we geïnterlinieerde aftasting toe) en voor deze lage frequentie gedraagt de spoel zich ongeveer als een ohmse weerstand (fig. 15).

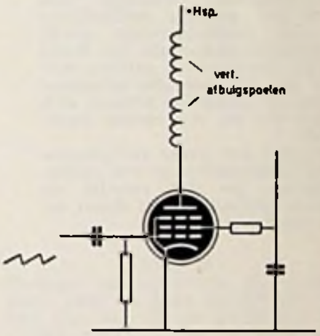


Fig. 14
De eindtrap voor de vertikale afbuiging in zijn eenvoudigste vorm: de spoelen zijn in serie geschakeld en opgenomen in de anodekring.

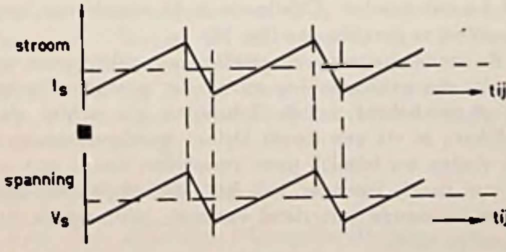


Fig. 15
De spanning (Vs) en de stroom (Is) in het secundaire circuit verlopen in het ideale geval als hier getoond wordt.

Zo op het eerste gezicht zou dus deze vertikale afbuiging gemakkelijk opgelost zijn; in de praktijk is de zaak natuurlijk niet zo eenvoudig. Want al verloopt dat aangroeien van de stroom, dus de heenslag nu wel in betrekkelijk lange tijd, de terugslagtijd duurt hééi kort, maar 5 % van die heenslagtijd en de uitwerking van die snelle afbraak van het magnetische

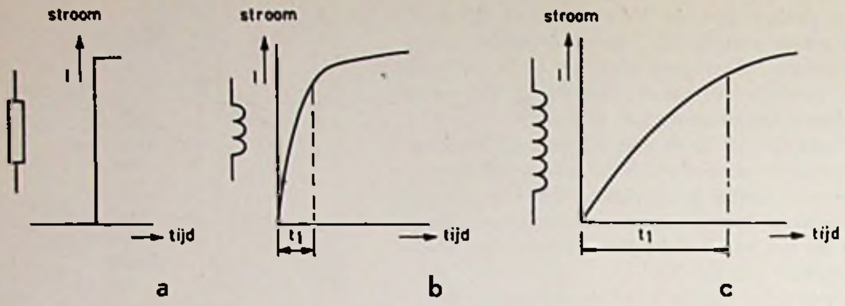



Fig. 16
a. Stroomverloop wanneer een zuivere ohmse weerstand op een gelijkspanningsbron wordt aangesloten. De stroom bereikt vrijwel onmiddellijk zijn normale waarde en blijft verder constant.
b. Stroomverloop, wanneer een spoel met geringe zelfinductie op een gelijkspanning wordt aangesloten gedurende een korte tijd t1; verloopt de stroom volgens een exponentiële kromme; daarna gedraagt de stroom zich geheel als bij een ohmse weerstand.
c. Een spoel met grote zelfinductie is nu aangesloten op een gelijkspanning. De tijd vóórdat de stroom constant wordt duurt nu véél langer (t1).

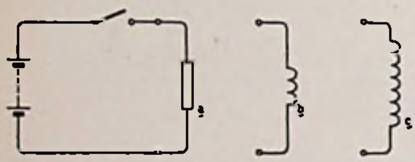


Fig. 17
Schakeling van fig. 16 a, b en c.

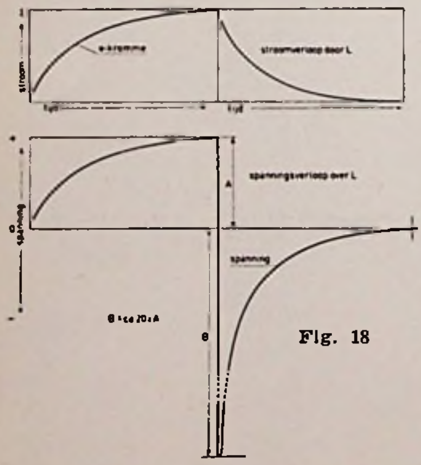


Fig. 18

veld is niet zonder gevolgen. We moeten hier even de Wet van Lenz in herinnering brengen: Wanneer we op een spoel een gelijkspanning aansluiten, dan zal in deze spoel een tegenspanning opgewekt worden, die de oorspronkelijke gelijkspanning zal tegenwerken. Het gevolg is, dat de stroom in een spoel niet onmiddellijk begint te lopen, doch eerst na enige tijd. Daardoor ziet de spannings-karakteristiek van een spoel er heel anders uit dan die van een ohmse weerstand. In fig. 16 zien we naast elkaar die kromme voor een ohmse weerstand en daarnaast die voor een spoel met een kleine zelfinductie en daar weer naast een voor een spoel met een grote zelfinductie. Het gekromde gedeelte noemen we een e-kromme, omdat deze kromme z.g. exponentieel verloopt. Begrijp goed, dat we hier slechts een weerstand of spoelen aansluiten op een gelijkspanning; duidelijk zichtbaar is het, dat de zelfinductie van de spoel een grote rol speelt in de tijdsduur van de e-kromme; is de kromme eenmaal horizontaal, dan is de stroom blijkbaar niet meer aan verandering onderhevig. Verbreken we nu de spanning, dan zal ook nu de zelfinductie zich tegen wijziging van de bestaande toestand verzetten. In dit geval zal de spoel gedurende een korte tijd een spanning opwekken, die echter niet zoals bij het inschakelen de gelijkspanningsbron tegenwerkt, doch meewerkt; ook nu verloopt de stroom volgens een e-kromme. Maar er is echter een belangrijk verschil t.o.v. het inschakelverschijnsel: over de spoeleinden ontstaat een spanning, die ettelijke malen hoger is dan de oorspronkelijke aangelegde gelijkspanning. We noemen dit de EMK van zelfinductie. Lang duurt dit verschijnsel niet. We vinden een praktische toepassing van dit verschijnsel in de ontstekingsbobine van onze automotor, waarbij spanningen van 20.000 volt bereikt worden. Overigens is dit verschijnsel bepaald als onwelkom te beschouwen (fig. 18).

Bij de eerder gegeven voorstelling van zaken gaan we er van uit, dat die gelijkspanning zo zonder overgangstoestand aan- en uit-geschakeld wordt. Schakelen we echter de stroom zachtkens in via een steeds kleiner wordende serieweerstand, dan vinden we feitelijk geen verschillen tussen een weerstand en een spoel; wanneer ook het uitschakelen via een steeds groter wordende weerstand verloopt, gedraagt de spoel zich eveneens ohms.

Bij bovenstaande voorstelling omtrent de afbuiging zijn we van een gelijkspanningsbron uitgegaan.

Nu is een gelijkspanning wel heel iets anders dan een zaagtandspanning, want evenals bij een wisselspanning herkennen we hier een periodiek terugkerend verschijnsel, terwijl we bij gelijkspanning met een éénmalig verschijnsel te maken hebben.

Het hangt nu helemaal van de zelfinductie van de spoel en de frequentie van dit verschijnsel af, welke kromme van fig. 16 wordt doorlopen a, b of c. Is de frequentie laag en de zelfinductie van de spoel ook, dan gedraagt de spoel zich ohms; is de frequentie hoog, d.w.z. volgen de verschijnselen elkaar snel op, en is de zelfinductie óók groot, dan verloopt de zaak helemaal volgens de e-kromme (fig. 16c). Welnu, bij de vertikale afbuiging hebben we met fig. 16b te maken en bij de lijn-afbuiging, waarop we later terugkomen, hebben we met de véél ingewikkelder verschijnselen volgens fig. 16c te doen.
Wat is nu de praktische uitwerking van het bovenstaande op de eindbuis van onze vertikale afbuiging, wanneer die door een zaagtand op het rooster wordt gestuurd? Wel, dat bij deze lage frejuentie (50 Hz) de stroom tijdens de héén-slag netjes volgens de zaagtand loopt, maar bij de terugslag dermate schakelaarachtig afgebroken wordt, dat er een flinke spanningsstoot ontstaat, waartegen de isolatiematerialen van onze spoel niet opgewassen is. Bovendien zal de gelijkstroom component in de anodestroom een vóórafbuiging van de spot veroorzaken. Het verloop van spanning en stroom door de eindbuis en de afbuigspoelen zien we in fig. 19 (links). We zien nog, dat de

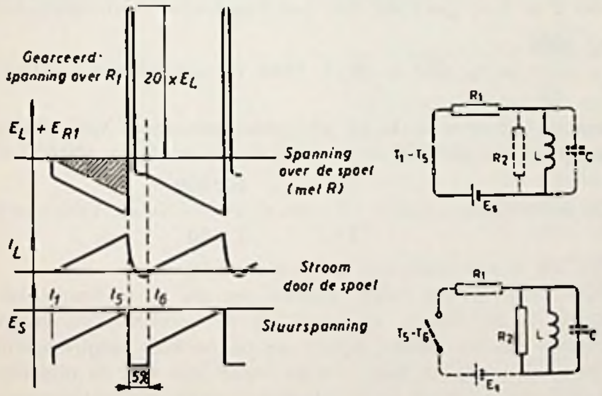



Fig. 19
Verloop van spanning en stroom resp. over en door de afbuigspoel (zie fig. 14). In de beide figuren rechts zien we de vervangingsschema's a) tijdens de heenslag (t1—t5), b) tijdens de terugslag (t5—t6).

zaagtandspanning bestaat uit de spanning over de Ri van de buis, dus Eri plus de spanning over de spoel El. De spanning piek tijdens de terugslag kan aardig oplopen, tot 20 X de spanning tijdens de héénslag.
Bij 19a zien we schematisch voorgesteld de heenslag; de schakelaar staat dicht.
Tijd van $t_1-_2$: Ri is de inwendige weerstand van de buis; R2 is de ohmse spoelweerstand en C is de eigen capaciteit van de spoel. In 19b zien we de terugslag ($t_5-t_6$). Nu de schakelaar (— de buis) geopend is, doet de invloed van R en C zich gelden. C staat parallel over de spoel en neemt de energie op, die de spoel tijdens het „uitslingeren)) afgeeft; R dempt die uitslingering.

## TRANSFORMATORKOPPELING

Daarom past men algemeen uitgangstransformator toe, die dan de v e r t i k a l e u i t g a n g s t r a n s f o r m a t o r heet. Hierdoor kunnen een betrekkelijk laagohmige afbuigspoelen toegepast worden; bovendien zijn de afmetingen dan gelijk aan die voor de horizontale afbuiging en dat is om constructieve redenen wel gewenst. Later zullen we zien, dat bij de lijnafbuiging beslist gebruik gemaakt moet worden van een uitgangstrafo (fig. 20).

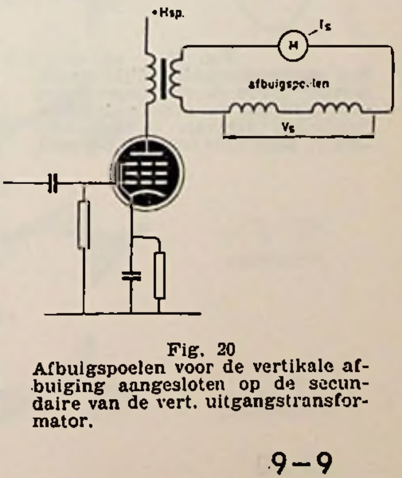



Fig. 20
Afbuigspoelen voor de vertikale afbuiging aangesloten op de secundaire van de vert. uitgangstransformator.

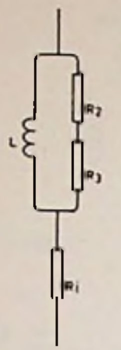


Fig. 20a
Vervangingsschema van een buis, door een transformator gekoppeld met de afbuigspoelen. Ri is de inwendige weerstand van de buis; L is de zelfinductie van de secundaire wikkeling, terwijl R2 de z.g. spreidingsweerstand voorstelt van de transformator en R3 uiteindelijk de afbuigspoelen voorstelt. Deze vormen uitsluitend een ohmse weerstand.

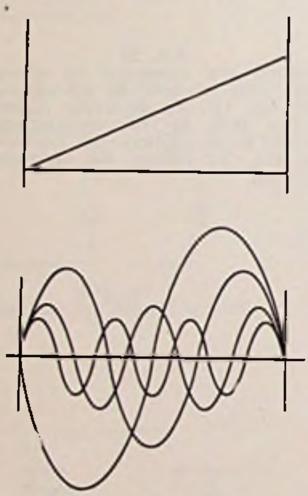


Fig. 21
Een zaagtandspanning blijkt samengesteld te zijn uit een sinusvormige grondgolf met een groot aantal harmonischen daarvan, in de juiste faze en amplitude tezamen gevoegd.

Wanneer we nu eens het vervangingsschema tekenen (fig. 20a) voor een buis-uitgangstransformator-afbuigspoelen dan vinden we in feite, dat de Ri (van de buis) in serie staat met de parallelschakeling van een zelfinductie L en twee weerstanden $R_2$ en $R_3$. Hierin stelt L de zelfinductie van de secundaire van die uitgangstransformator voor, terwijl $R_2$ de z.g. spreidingsweerstand van de transformator voorstelt (dus een transformatorverlies), $R_3$ is hier de enige manifestatie van de afbuigspoelen, een ohmse weerstand. Ten opzichte van de secundaire wikkeling van de transformator is de zelfinductie van de afbuigspoelen verwaarloosbaar klein. Zoals de zaak er nu voorstaat hopen we een lineair toenemende stroom door de afbuigspoelen te verkrijgen.

Nu moeten we echter niet denken, dat een transformator hier een geneesmiddel voor alle kwalen betekent; omdat we hier met een lage frequentie te maken hebben zou dit wel eens een groot en zwaar ding kunnen worden, want het zijn juist de l a g e frequenties die de hoogste eisen stellen aan zo'n transformator.

Stel maar eens, dat de gunstigste belastingsweerstand voor de toegepaste eindbuis 4000 $\Omega$ bedraagt. Bij een spoelweerstand van 2 × 5 $\Omega$ geeft dat dan een transformatieverhouding van

$\sqrt{\frac{4000}{10}} = \sqrt{400} = 20:1$. Maar de wisselstroomweerstand van de primaire moet bij afbuigtransformatoren wel 100 × zo groot zijn als 4000 $\Omega$; we komen dan op $X_1$ = 400.000 $\Omega$.

De zelfinductie L is dan $\frac{X_1}{2\pi f}$ ofwel $\frac{400.000}{2\pi 50}$ = ca. 1300 henry.

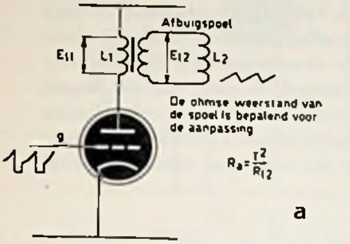
Nu, dat is een knots van een transformator.

Blijft natuurlijk de vraag, waarom we die wisselstroomweerstand $X_1$ nu 100 × zo groot als de vereiste aanpassingswaarde moeten stellen, terwijl we bij normale laagfrequentie (muziek) weergave heus niet zo royaal zijn met de uitgangstransformaties. Wel, bij de afbuiging speelt de fazekarakteristiek, die we reeds bij de middelfrequentversterker voor TV leerden kennen, óók een belangrijke rol. Een zaagtandspanning kan namelijk volgens Fourrier ontleed worden in een grondgolf (die dezelfde tijdsduur als de zaagtand heeft) + een groot aantal oneven harmonischen daarvan, deze gaan tot de 20e harmonische! (fig. 21). Wanneer we nu een te lichte uitgangstransformator hebben, treden voor een deel dezer harmonischen looptijdvertragingen op, terwijl ook amplitudevervorming voor een deel der trillingen zal optreden, zodat de zaagtand op de anode van de buis maar weinig meer op de zaagtand lijkt, die we in het rooster duwden.

In figuur 22 zien we nogmaals de schakeling en daaronder diverse krommen. Wanneer we nu het rooster van de buis sturen met een behoorlijke zaagtand op het rooster g (krommen onder a), dan is het s p a n n i n g s v e r l o o p geheel lineair, maar het verloop van de stroom door de spoel doet merkwaardig veel aan de e-kromme van fig. 18 denken.

## NIET-LINEAIR STROOMVERLOOP

In figuur 23a zien we hoe die anodestroom er in de praktijk uit gaat zien. Gaan we de zaak verder onderzoeken, dan blijkt het, dat deze vrij zonderlinge zaagtand weer samengesteld is uit



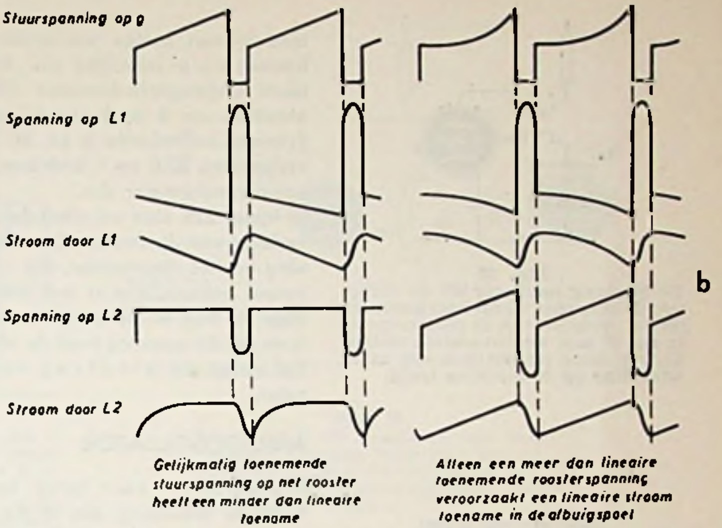




Fig. 22
Koppeling van de afbuigspoel via een transformator:
a. schakeling;
b. verband tussen stuurspanning en afbuigstroom.

Links: de spanning op het rooster is lineair.

Rechts: de spanning op het rooster is vervormd volgens fig. 23.

een (t) werkelijke zaagtand plus (b) een parabool-vormige kromme, waarbij (b) dan te beschouwen is als de opgetreden vervorming tengevolge van de te licht uitgevoerde transformator. Denk nu niet, dat het zo eenvoudig is deze kromme (c) aldus te ontleden; voor degene die het niet weet vertel ik nog even, dat een parabool een wiskundige kromme lijn is, die ontstaat bij het doorsnijden van een kegel met een plat vlak, o.a. de reflectoren van onze auto-schijnwerpers hebben een parabool-vormige doorsnede.

In fig. 24 zien we, hoe die afwijkende kromme in het algemeen kan ontstaan, n.l. door looptijd- of fazevervorming.

Hoe krijgen we nu een goede zaagtand uit onze afbuigingseindbuis? Wel, door het rooster niet te sturen met een echte zaagtand, maar met een zaagtand, die we moedwillig in de tegenovergestelde richting vervormd hebben, zoals we in figuur 23d zien. Hoe we aan een dergelijke vervormde zaag-

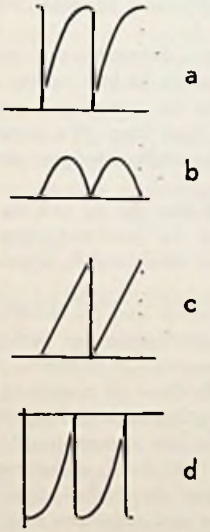



Fig. 23
Zó moet de stuurspanning op het rooster van de eindbuis vervormd worden, om een lineair verlopende zaagtandstroom door de afbuigspoelen te doen lopen (zie ook bovenste kromme rechts van fig. 22b).

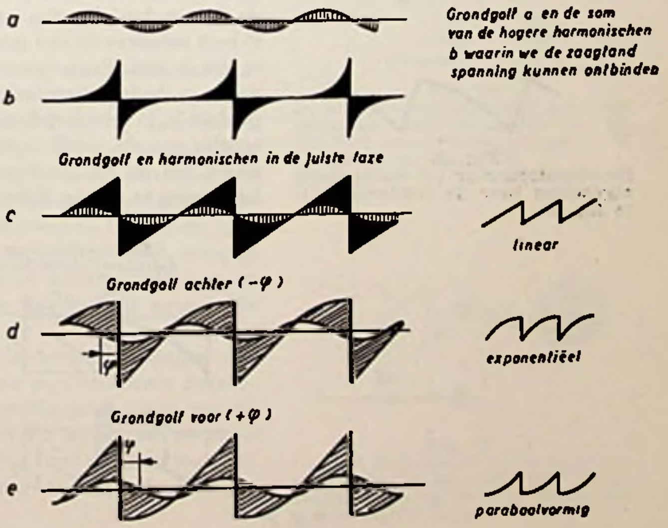



Fig. 24

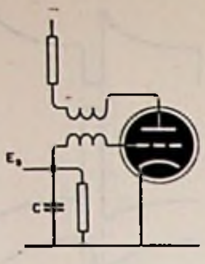



Fig. 25
De blocking oscillator uit de vorige les; de syncpuls wordt hier gebracht op het voetpunt van de roosterspoel; in fig. 37 zien we een andere methode, n.l. door middel van een extra wikkeling op de blocking-trafo.

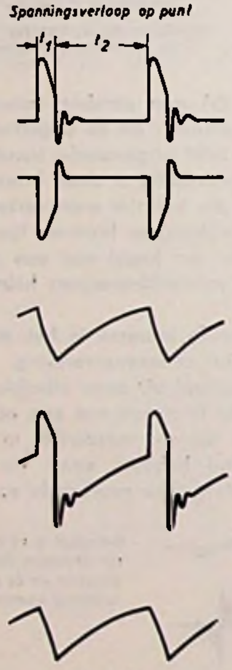



Fig. 26
De outputspanning (e) wordt thans afgenomen over de condensator C in fig. 28.

tand komen zullen we straks zien. Maar de transformator hebben we in letterlijke zin „klein" gekregen. De Philips vertikale uitgangstransformator 10871 heeft b.v. maar een blikafmeting van 4 × 6 cm, bij een stapelhoogte van 2 cm. De primaire zelfinductie is ca. 80 henry, terwijl de transformatieverhouding 37,5 op 1 bedraagt, een vrij eenvoudige en goedkope transformator dus.

In figuur 22b zien we uiteindelijk het zozeer gewenste lineaire verloop van de stroom door de afbuigspoelen, dank zij spanning op het stuurrooster, die we overeenkomstig fig. 23d vervormd hebben. Het is wel interessant te zien, dat de stroom door de buis en de primaire van de trafo nu niet meer lineair is en dat de spanning over de afbuigspoelen $L_2$ lineair toeneemt!

Tot zover de e i n d t r a p van de vertikale afbuigingsgenerator.

## AFBUIGOSCILLATOR

We keren nu weer terug naar de o s c i l l a t o r voor de vertikale afbuiging, die in de praktijk meestal een blocking oscillator is, zoals we die in les 8, fig. 33, zagen in verschillende gedaanten. Voorzien van de organen voor de synchronisatie krijgen we figuur 25, maar eigenlijk is de blocking oscillator toch niet het geëigende apparaat om een mooie zaagtand af te geven.

De condensator C wordt tijdens de dichtgeknepen periode van de buis langzaam opgeladen; wordt de buis echter geleidend, dan loopt deze condensator via de inwendige weerstand van de buis (die dan heel laag is) snel leeg. We nemen de zaagtandspanning af van de beide aansluitpunten van de condensator.

Maar we zijn er nog niet. In fig. 29 zien we nu ook de eindbuis voor de vertikale afbuiging er bij getekend, terwijl er tevens een nieuwe condensator $C_2$ en weerstand $R_2$ bijgekomen zijn.

Wat is namelijk het geval? Het rooster van die eindbuis B2 is via een condensator met de zaagtandgenerator verbonden, of om precies te zijn, met de condensator $C_3$. Wanneer tijdens de terugslag van de oscillatorbuis $B_1$ diens Ri zeer laag is en deze condensator nu tijdens die terugslag schielijk leeg loopt in de Ri van buis $R_1$, dan zal over $R_2$ een stroom lopen; deze stroom veroorzaakt een spanningval over die $R_2$ en het resultaat is, dat er niet alleen een zaagtand naar de eindbuis gaat, maar dat er in de terugloopperiode tevens een negatieve staart aangeplakt is. In feite betekent dit een extra negatieve puls op het rooster van de eindbuis tijdens de terugslagperiode en die is nodig om de Ri, de inwendige weerstand van de eindbuis, héél hoog te maken tijdens de terugslagtijd. Is die Ri namelijk

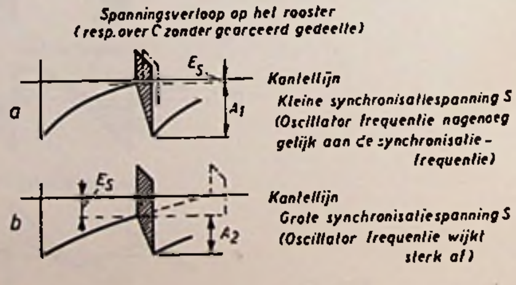



Fig. 27

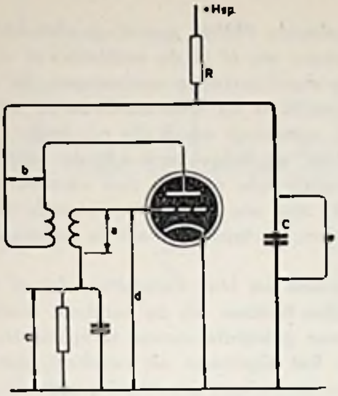



fig. 28
De toevoeging van de C en de R heeft tot gevolg, dat aan de reeks krommen van fig. 34 uit les 8 er een toegevoegd wordt: e in 26. (Denk er om, die condensator parallel aan de weerstand vormt het R-C filter en kan dus géén elco zijn. Is per abuis zo getekend).

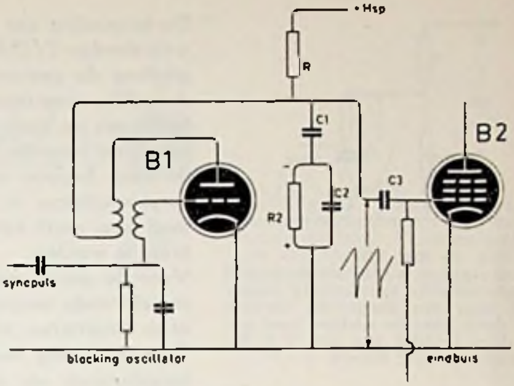



Fig. 29
Hier wordt de zaagtand van een „staart" voorzien door $R_2C_2$ om de eindbuis tijdens de terugslag een zéér hoge neg. roosterspanning, dus een hoge Ri te geven.

tijdens de terugslag te laag, dan wordt de tijdconstante van de afbuigspoelen ongunstig beïnvloed en wat erger is, de stroom loopt te langzaam door de spoel en de tijd, die voor de terugslag beschikbaar is, wordt ver overschreden, ten koste van de heen-slagtijd.
We hebben dus een ideale zaagtand plus nuttig aanhangsel. Maar we zagen hierboven, dat we moedwillig een extra vervorming moeten aanbrengen in die zaagtand, die t e g e n g e s t e l d is aan de vervorming, die in de eindtrap veroorzaakt wordt.

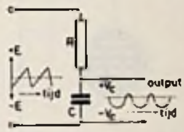



Fig. 30
Dit integrerend netwerk (of low-pass filter) vervormt de zaagtand tot een guirlande.

## CORRECTIEMOGELIJKHEDEN

Nu bestaan er verschillende methoden om onze zaagtand de gewenste parabolische vervorming te geven. In fig. 30 zien we een schakeling, waarmede we een zaagtand kunnen vervormen tot een verschijnsel, dat veel van een waslijn weg heeft; die gyrlandes hebben echter het gewenste paraboolvormige verloop.
Hoe die omvorming nu precies tot stand komt is niet zo gemakkelijk te verklaren. Door de weerstand R zal de negatieve zaagtandpiek slechts een geleidelijke lading van de condensator tengevolge hebben; tegen de tijd dat de zaagtand zijn max. positieve waarde bereikt heeft is de ladingstoestand van de condensator weer precies nul; de terugslag is verantwoordelijk voor het positieve deel van de kromme (boven de lijn). Helaas zijn we de oorspronkelijke zaagtand nu kwijt, maar in fig. 31 zien we een netwerk, waarbij de oorspronkelijke zaagtand gecombineerd wordt met de in fig. 30 opgewekte parabool.
Uit de aard der zaak bestaan er meerdere schakelingen met hetzelfde resultaat; in fig. 32 zien we een instelbare schakeling; met de pot. meter R1 stellen we de juiste vorm van de kromme in; over R1 namelijk vinden we zowel de zaagtand als de parabool aanwezig. Met de pot. meter R2 kunnen we dan juiste amplitude in, zoals die voor de volgende buis gewenst wordt.

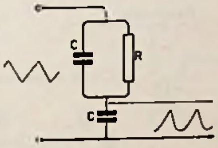



Fig. 31
In dit netwerk wordt de zaagtand vervormd naar het model van fig. 23d door het aanbrengen van een C over de R uit figuur 30.

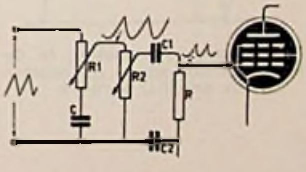



Fig. 32
$R_1$ geeft de juiste vorm, $R_2$ de juiste amplitude. De samenstellende schakelingen van fig. 30 en 31 vinden we in deze figuur terug.

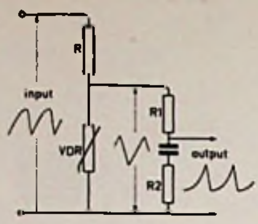



Fig. 33
In twee etappes wordt een zaagtand met parabolische vervorming omgevormd naar een dergelijke vervorming, doch naar de andere kant gericht door middel van een V.D.R.-weerstand en R-C filters.

De toepassing van de bekende Philips spannings-afhankelijke weerstanden (V.D.R.) kunnen we òf in de oscillator, òf in de eindtrap de gewenste parabool-correctie aanbrengen. Bij een dergelijke weerstand namelijk is de weerstandwaarde afhankelijk van de aangelegde spanning; wordt die n.l. hoger, dan wordt de weerstand kleiner, en omgekeerd. Uit de aard van de zaak bestaan er verschillende soorten met verschillende karakteristieken. In fig. 33 zien we hoe een vervormde zaagtand weer recht kan worden, om tenslotte naar de ándere kant krom te worden.

Voor de goede orde moeten we hier vaststellen, dat er nog verschillende mogelijkheden bestaan om de vertikale eindbuis òf te liniariseren, òf op een gewenste manier te krommen.

Tegenkoppeling heeft in het algemeen als resultaat, dat de karakteristiek van een versterkerbuis „rechter" wordt. In fig. 34 zien we een dergelijke (stroom)tegenkoppeling, waarbij dus een extra winding op de trafo deel uitmaakt van het katodecircuit. Laten we die C weg, dan vergroten we het effect. Uit de aard der zaak geldt deze tegenkoppeling voor alle frequenties.

Passen we een spanningstegenkoppeling toe van de anode terug op het rooster, dan zullen zich meestal condensatoren en weerstanden in het tegenkoppelingcircuit bevinden en is de tegenkoppeling frequentiegevoelig. Met een dergelijke schakeling is het onder meer mogelijk om de gewenste parabool-vervorming te verkrijgen. We komen aanstonds op deze schakeling uitvoerig terug (fig. 35 en 37).

Overigens kunnen we die vervorming ook nog verkrijgen door bewust gebruik te maken van de gebogen karakteristiek van de eindbuis, maar in het algemeen heeft men bij dergelijke schakelingen de gewenste krommevorm niet zo goed in de hand (fig. 36).

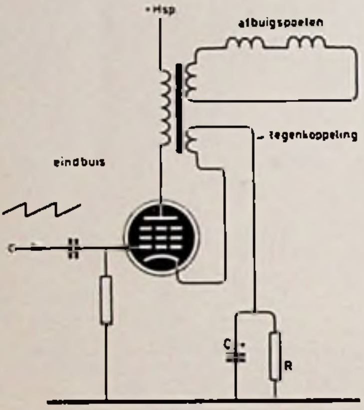
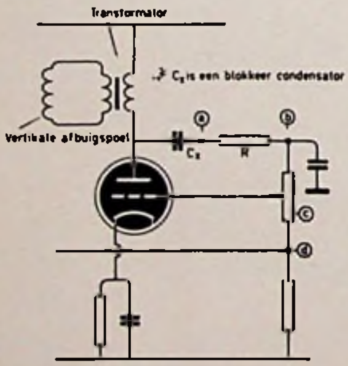
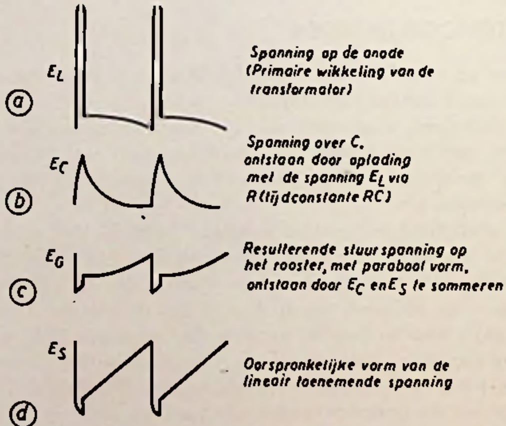



Fig. 34
Stroomtegenkoppeling van uit de uitgangstransformator




Spanningstegenkoppeling in de eindtrap van anode op rooster via een R-C netwerk



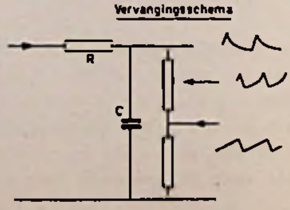




Fig. 35
Het opwekken van een paraboolvormige zaagtandspanning d.m.v. spanningstegenkoppeling in de eindtrap.

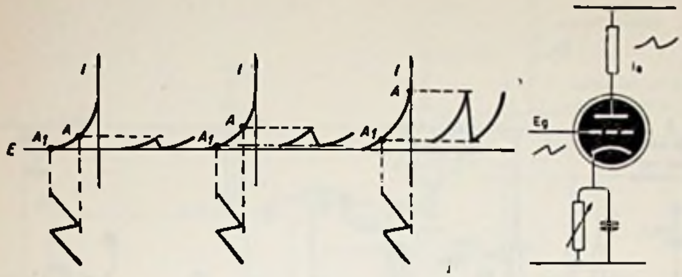


Fig. 36
Parabolische vervorming van de anodestroom d.m.v. het instelling van de eindbuis. Vorm en amplitude zijn afhankelijk van de plaats van het werkpunt.

## SCHAKELING UIT DE PRAKTIJK

Tot slot van deze les over de vertikale afbuig-generator gaan we het schema van een moderne TV-ontvanger op dat punt eens bezien (Grundig Zapberspiegel 838, 1959) (fig. 37).
Het schema begint op het punt waar het videosignaal binnenkomt, regelrecht van de anodekring van de video-eindbuis. De eerste buis die we tegenkomen, een eindpentode (uit de ECL 80) doet hier dienst als synchronisatie-scheider. Uit de waarde van de weerstanden in het schermroostercircuit zien we, dat de schermroosterspanning laag is; ook het vangrooster aan een positieve spanning. De roosterruimte is klein en achter de koppelcondensator vinden we niets meer van de beeldinhoud, doch slechts de beide synchronisatiesignalen, die we afzonderlijk afgebeeld zien in 1 (hor.) en 2 (vert.).
Het ligt voor de hand, dat in deze buis bovendien de amplituden van de synchronisatie-impulsen begrensd worden; dit is trouwens eveneens het doel van de volgende buis, de triodehelft van de ECL 80, die in het tegenovergestelde deel van de impuls, de kop begrenst.
De anodestroom, die nog steeds de hor. en vert. syncpulsen bevat, kromme 3 (hor.) en 4 (vert.), doorloopt de primaire van een transformator die bij het horizontale afbuigsysteem behoort en wat daarna komt herkennen we aanstonds als het integrerend netwerk; het is dubbel uitvoerd en in dikke lijnen getekend.
Wanneer we die kleine plaatjes van de oscilloscoopbeelden bezien valt het op, dat de pulsen voor de vertikale (rasterpulsen) haast nog korter lijken dan de horizontale (lijn) syncpulsen. We moeten evenwel goed bedenken, dat men om de rasters-syncpulsen zichtbaar te maken de kromme op de oscilloscoop in horizontaal erg samengetrokken heeft; de ruimte tussen 2 rasterpulsen (plaatjes 2, 4, 5, 6 enz.) heeft in feite een tijdsduur van 625 × de tijdsduur van één lijn (plaatjes 1 – 3). Vergeleken met het plaatje van de lijn-puls is de rasterpuls in werkelijkheid dus 625 × zo breed.
De buis achter het filter is niets anders dan een versterker, die op het rooster (kromme 5) een zaagtand ontvangt (spanning van piek tot piek of van top tot top, tt = 40 V) en in de anodekring negatieve pulsen afgeeft met piekspanningen van 200 volt.
Deze pulsen doorlopen een wikkeling van de nu volgende blocking oscillator en geven daarmee de start-impuls. Deze blocking oscillator lijkt vrij veel op de reeds eerder beschreven blocking oscillator. Een verschilpunt is echter de galvanische verbinding van het rooster; dit is n.l. niet met aarde,

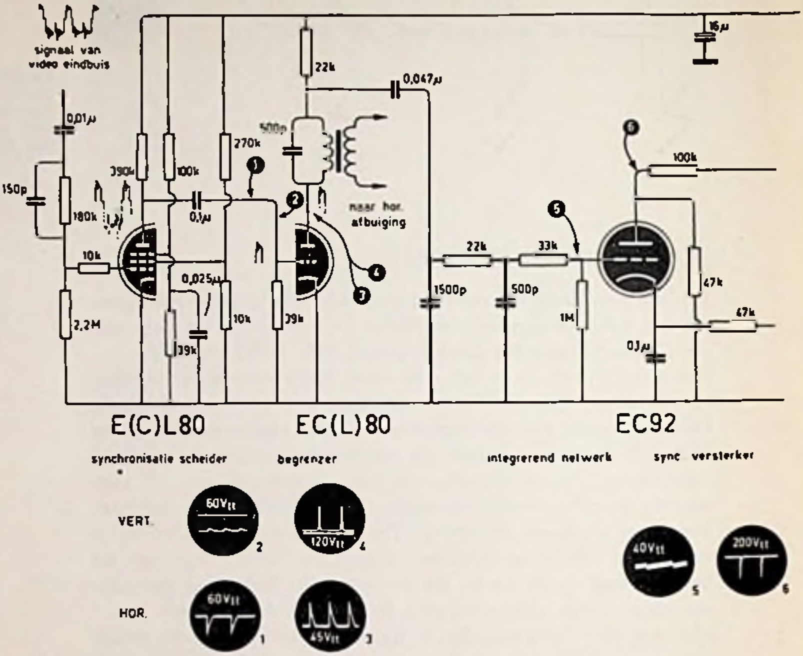
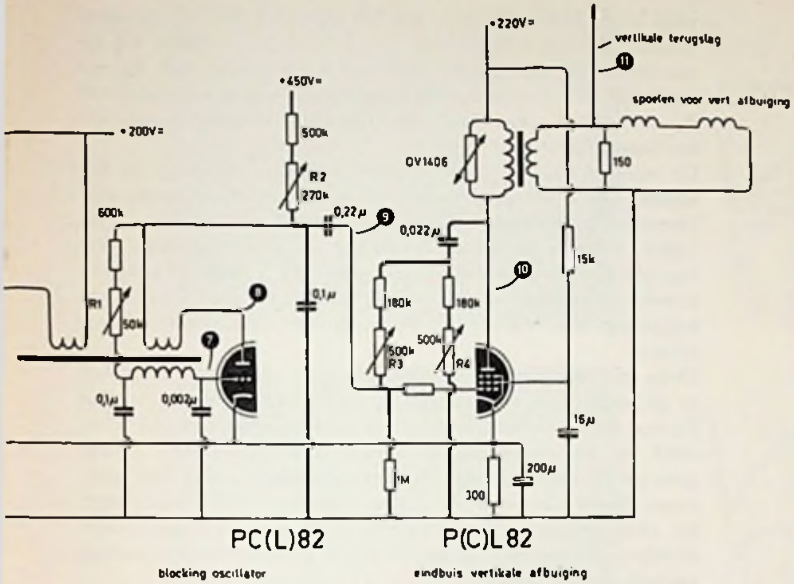



Fig. 37
Schakeling van de vertikale afbuiging van een moderne TV-ontvanger. Rechts bovenaan, bij het woordje vertikale terugslag, wordt een negatieve onderdrukkingspuls gezonden naar het rooster van de

maar het + hoogspanning verbonden via een aantal weerstanden. Principieel maakt dit weinig uit, want uiteindelijk is het rooster via een condensator van 0,1 μF geaard en bij dergelijke pulserende spanningen op het rooster wordt deze C steeds geladen op een spanning, die volstrekt niet afwijkt van de spanning, die we verkrijgen met de schakeling van fig. 33 uit les 8, waar de roostercondensator ongeveer dezelfde rol vervult. Een voordeel van deze methode met het rooster aan + anodespanning is, dat de ontlaadtijden, dus de terugslagtijden zéér kort zijn; een nadeel is, dat de netspanningsvariaties onze synchronisatie in de war kunnen sturen doordat het z.g. stoorbereik vergroot wordt. Tenslotte merken we nog op, dat de katode op een positieve spanning t.o.v. aarde gebracht is, want deze is doorverbonden met die van de eindbuis. Gezien de grote afvlak-C (200 μ) wordt deze spanning geacht constant te zijn.
Wij zien dat $R_1$ regelbaar is; wij kunnen hiermee de juiste rasterfrequentie instellen. We zien dat de hoogspanning voor deze buis + 450 V bedraagt en ieder zal wel benieuwd zijn, wáár we in een universeelontvanger (zonder nettransformator) die spanning vandaan halen. Nu, die komt uit de horizontale afbuiggenerator, die in de volgende les behandeld wordt.



beeldbuis, om tijdens de roosterterugslag de spot te verduisteren. De krommen in de rondjes spreken voor zich zelf. Het is wel duidelijk, dat in de eerste buizen zowel de lijn-syncpulsen als de rastersyncpulsen aangetroffen worden.

Eén serieweerstand is regelbaar uitgevoerd, $R_2$. Met deze weerstand regelen we de g r o o t t e van het beeld, d.w.z. de totale hoogte ervan, die in de verhouding 4 : 3 moet zijn t.o.v. de beeldbreedte. $R_3$ bepaalt dus h o e l a n g de benedenwaartse beweging duurt. $R_3$ en de condensator van 0,1 $\mu$F (dik getekend) vormen het laadcircuit, dat we reeds eerder in deze les bespraken.
Via een R-C koppellid belanden we op het rooster van de eindbuis. Hóe we daar terecht komen zien we in beeld 9, waarop we niet alleen de negatieve pieken zien om de eindbuis tijdens de terugslag goed dicht te drukken, doch tevens, dat de parabolische vervorming reeds aanwezig is (in negatieve zin). De vraag is nu, hoe men hier deze vervorming bereikt heeft en het antwoord luidt: door middel van een spanningstegenkoppeling van de eindbuis.
We zien dat tegenkoppelingscircuit dik getekend. Een spanningsdeling vindt plaats tussen anode en aarde via de condensator van 22000 pF de weerstanden van 180 k$\Omega$, 500 k$\Omega$ en 1 M$\Omega$, waarbij de roosteraansluiting aan het boveneind van de weerstand van 1 M$\Omega$ ligt.
Deze tegenkoppeling is frequentie-afhankelijk, d.w.z. niet even sterk voor alle frequenties; dat is te danken aan de conden-

sator in de keten. De faze van het signaal in dit circuit wordt bepaald door de verhouding van de ohmse weerstand tot de reactantie van de condensator en is instelbaar met $R_3$; de amplitude van het teruggevoerde signaal wordt ingesteld met $R_4$, die met de weerstand van 180 k$\Omega$ een parallel-pad van het tegenkoppelcircuit vormt.
De opzet is nu, dat de toegevoerde lineaire zaagtand op het rooster een paraboolvormige vervorming in de uitgangstransformator veroorzaakt, omdat die transformator, zoals we zagen, feitelijk te klein uitgevoerd is. Door nu deze vervormde spanning in tegen-faze weer op 't rooster terug te voeren verkrijgen we als gevolg van deze spannings-tegenkoppeling uiteindelijk de juiste, lineair verlopende afbuigstroom.
Deze schakeling is vrij moeilijk vooraf te berekenen; men stelt in de praktijk de waarde van $R_3$ en $R_4$ experimenteel in. We kunnen deze weerstanden dus als regelorganen voor de lineariteit van het raster beschouwen. Als extra methode vinden over de primaire van de uitgangstransformator nog een spannings-afhankelijke weerstand, die zoals zijn naam reeds zegt, bij verhoging van de s p a n n i n g op de spoel zijn weerstandwaarde verlaagt en dus bijdraagt tot het parabool-vormig verloop van de spoel.

## DIVERSE VERVORMINGEN

Tot slot vinden we nog een uitgaande verbinding rechts boven aan het schema op de secundaire, die op het rooster van de beeldbuis de helderheid van de spot gedurende de vertikale terugslag onderdrukt.
De gevolgen van niet-lineariteit van de vertikale afbuiging zien we in de bijgevoegde figuren. Is de afbuiging lineair, dan wordt een cirkel vóór de opnamekamer werkelijk als een cirkel weergegeven op het beeldscherm; is de weergave in vertikale zin niet lineair, dan krijgt de cirkel een afwijkend model, doch het blijft symmetrisch om ex v e r t i k a l e hartlijn. We zien diverse afwijkende zaagtandvormen en daarnaast de resultaten op het beeldscherm (fig. 38).
Hoe de afbuigspoelen er uit zien zagen we reeds in de tweede les, waar we de over elkaar gewikkelde spoelen voor de vertikale en horizontale afbuiging vinden in fig. 23.
Want de zaagtand die we voor ons doel trachten te gebruiken (fig. 26c) heeft slechts deze vorm zolang de oscillator niet gesynchroniseerd wordt. Synchroniseren we hem wél, dan kan die zaagtand een vorm aannemen van fig. 27a of b. De zaagtandvorm en de frequentie hangen nu af van de amplitude van de sync-puls. In feite is de blocking oscillator dan ook veel beter geschikt om pulsen af te geven; we zien die in fig. 26b.
Maar voor de vertikale afbuiging hebben we nu eenmaal een zaagtand nodig. Wanneer we echter de gehele blocking oscillator voeden over een serieweerstand R, die t.o.v. aarde ontkoppeld is door C (dik getekend), dan zien we over die condensator de zaagtandspanning ontstaan, die noodzakelijk is om de eindbuis te sturen. Dat de waarde van de R en de C een rol spelen in de vorm van de zaagtand, spreekt vanzelf.

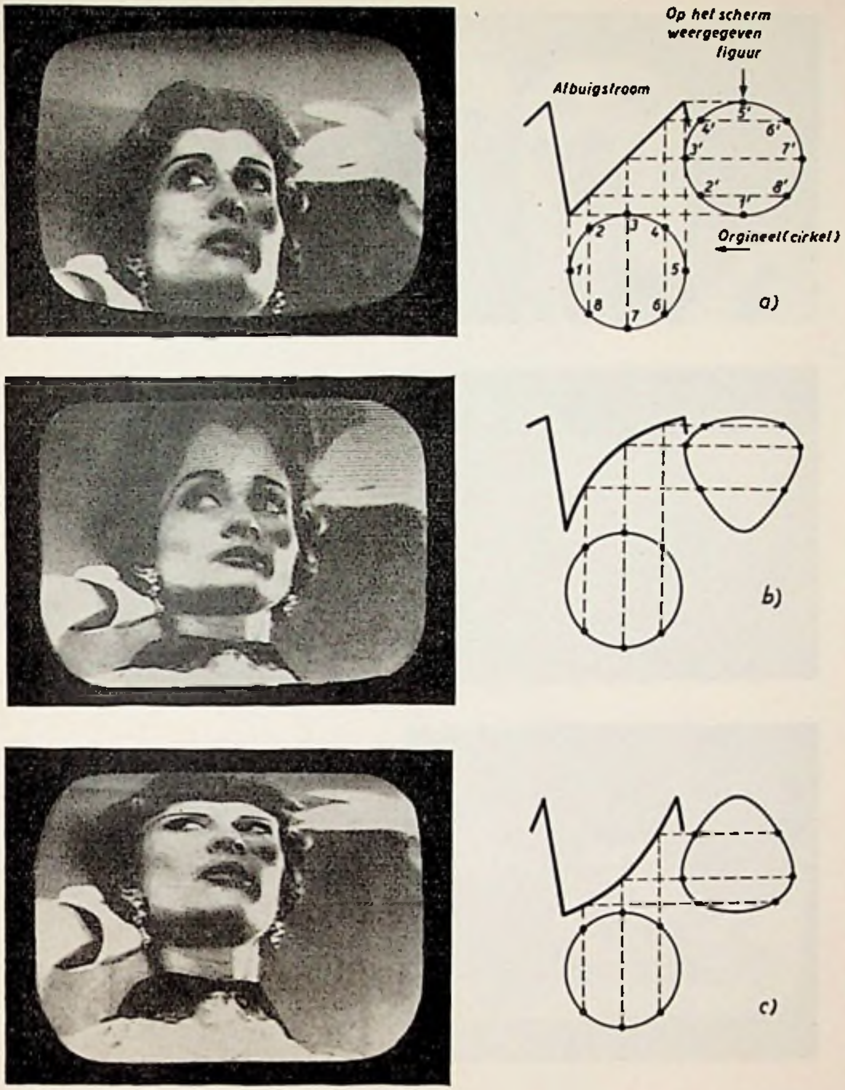
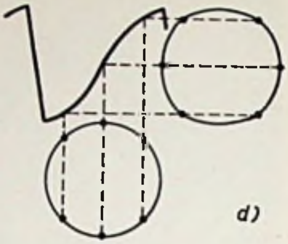
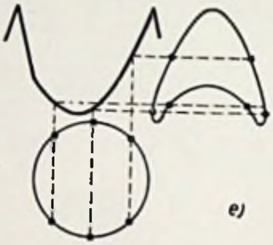


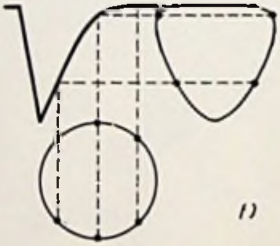

Fig. 38
b, c, d, e en f: Beeldfouten tengevolge van het niet-lineaire stroomverloop in de spoel voor de vertikale afbuiging.
Slechts in a is de stroomloop lineair: de cirkel o n d e r de zaagtand blijft een cirkel (cirkel rechts). Bij de andere figuren zien we hoe een cirkel vervormd wordt.



d)



e)



f)

BIBLIOTHEEK
N.V.H.R.

## VRAGEN BIJ DE 9e LES

1. Heeft de ruis veel invloed op de vertikale synchronisatie?
2. Waarom dienen de frequenties die een veelvoud zijn van de zaagtand-frequenties nog versterkt te kunnen worden in een afbuigingseindtrap?
3. Welke methode is in feite de enige die voor de vertikale synchronisatie in aanmerking komt?
4. Moet de ongesynchroniseerde afbuigoscillator langzamer of sneller lopen dan de oscillator aan de zenderkant?
5. Wanneer we een spoel op een gelijkspanning aansluiten, zal er een stroom gaan lopen door die spoel. Teken het stroomverloop voor een spoel met hoge zelfinductie.
6. Waarom passen we een uitgangstransformator toe?
7. Waarom kunnen we de zaagtandkromme van fig. 26c niet voor ons doel benutten?
8. Geef twee mogelijkheden om de syncpulsen op de blocking-oscillator te brengen.
9. Teken het verloop dat stroom door de afbuigspoel moet hebben om een goed en onvervormd beeld te geven.
10. Mogen we de eindbuis van de vertikale afbuigtrap op het rooster met een blokpuls sturen of moet die puls een ander verloop hebben? Vertel waarom.
11. Beschrijf met eenvoudige schetsjes twee methoden om de stuurspanning voor de eindbuis zijn gewenste verloop te geven.
12. Waardoor kan vervorming van de zaagtand in de eindtrap optreden?
13. Wat gebeurt er tijdens de terugslag in de anodekring van de eindbuis?
14. Vertel of dit verschijnsel prettig is of niet. Maken we er nog enig nuttig gebruik van?
15. Vertel wat we onder het vangbereik of stoorbereik van een gesynchroniseerde oscillator verstaan.